9352

IV

117/53

(góro-twórcze)

XXII

1

[3]

Bull. Ac. Cra. 1913 s. 727 [734]

~~Über~~

~~Spostrzeżenia~~ nad fałdowaniem się płyt pływających

Doświadczalne

~~experimentelle~~

Bemerkungen über

Über ~~elastische~~ Faltungserscheinungen schwimmender elastischer Platten

Versuche über

In der Abhandlung habe ich die Frage nach einem Mechanismus aufgeworfen ... der in

gesucht einen Mechanismus ausfindig zu machen, welcher die Bildung stabiler Faltungen in einer rechteckigen einer Kette

von Tangential drücken ~~Längs kräften~~ beanspruchten Platte hervorrufen konnte und welcher ~~den Mechanismus der Gebirgsfaltung~~

als Modell der Faltungserscheinungen der Erdkruste ~~erklären~~ angesehen werden könnte. ~~Als Resultat der mathematischen~~

Die daselbst durchgeführte

~~Analyse hat sich ergeben dass~~ ~~Ich habe~~ (~~wenn~~ die Anschauung vertreten), dass man die Erdkruste als

Es wurde daselbst die Anschauung begründet

eine „schwimmende Platte“ ansehen könne, ~~und habe~~ mittels mathematischer Analyse nachgewiesen dass in

sodann wurde

einer solchen ~~...~~ Platte tatsächlich unter gewissen Bedingungen stabile Faltungen auftreten, deren Dimensionen

(Dimensionen und Elast. const. der derselben)

sich aus den berechnen lassen. ~~Es schien mir nun interessant~~ ~~Da diese~~ Faltungs Erscheinungen ~~noch~~

Da darüber bisher keinerlei experimentelle Beobachtungen vorliegen, ~~nicht experimentell untersucht worden~~, schien es mir interessant zu versuchen ob sich ~~die~~ jene theoretisch berechneten Erscheinungen

auch experimentell verwirklichen lassen.

~~Wie aus der daselbst für die Faltenlänge (λ = ... abgeleiteten Formel ersichtlich müssen~~

~~muss man sich bei Ausführung~~

Sollen die Faltungserscheinungen im Laboratorium bequem zu verfolgen sein, so kann die Faltenlänge ~~nicht~~ nur

einige Centimeter betragen und das erfordert, wie aus der bisher loc. cit. abgeleiteten Formel folgt,

dass entweder der Elastizitätsmodul E oder die Plattendicke h sehr klein sei.

Der erstere Fall ~~...~~ (~~mittels passender~~ Gelatinelösungen leicht verwirklichen ~~...~~). Am geeignetsten erwies sich folgendes Verfahren:

lässt sich nun durch Anwendung von

auf ~~eine reine Quecksilberfläche~~ ~~...~~

~~In eine~~ (flachen Glasgefäss wurde mit Quecksilber bedeckt, darauf wurde ein aus mit Papier verbundenen (Glasstreifen bestehender viereckiger Rahmen gelegt;

Der Boden eines

und auf ~~die~~ ~~...~~ (von denselben eingefasste ~~...~~) Quecksilberfläche wurde eine ~~...~~ erwärmte Gelatinelösung gegossen, ~~...~~ ca 5–10 %

Entsprechend der Dicke der (der Menge der aufgelassenen Gelatinelösung (welche auch nachträglich abgehoben werden kann, falls das Q...

~~Durch Wahl passender~~ Glasstreifen, Vorwärmen des Quecksilbers, ~~nachträgliches Abheben der überflüssigen Gelatine~~

entsteht so eine auf Hg schwimmende ~~...~~ Gelatineschichte ~~...~~ von grösser als passender Dicke. Nach Erstarren werden die

zwei der Glasstreifen mittels eines Messers vorsichtig abgelöst; an der sich die Faltungserscheinungen sehr schön demonstrieren lassen indem die

~~Die Faltungen~~ ~~Durch Zusammenschieben der~~ zwei an den Enden haftenden Glasstreifen ~~...~~

~~erscheinungen...~~ einander successive genähert werden.

Um diese Erscheinung auch quantitativ zahlenmässig verfolgen zu können, wurde das Zusammenschieben durch (Gewichte bewirkt, welche an einem (Fadenvorrichtung ~~mittels...~~ angehängt ~~wurden~~

~~...~~; ~~aus der Grösse der bei bestimmter Belastung~~ Bei kleineren Belastungen erfolgt nur eine

gleichmässige Verdickung und Verkürzung der Gelatineplatte, aus welcher sich der Elastizitätsmodul

bestimmen lässt. Bei grösserer Belastung dagegen ~~Von einer gewissen Belastung an~~ erfolgt Faltung; und zwar ~~...~~ mit desto grösseren (Amplitude ~~...~~ (Falten höhe)

je grösser die Belastung. Bei Überschreitung einer gewissen Grenze erfolgt meistens Abbiegen des Quecksilbers ein Bruch ~~...~~

~~Als Illustration~~ Zur Illustrierung mögen ~~...~~ nur einige Beispiele angeführt werden.

Breite 80 mm

1). Dicke der Gelatineplatte* (Durch Wägen und Ausmessen der Oberfläche bestimmt) 5·13 mm, Länge 70 mm

Elasticitätsmodul (Kg pro mm²) $3{\cdot}32 \cdot 10^{-4}$

Als die Belastung 60 g. betrug, war eine deutliche Faltung sichtbar, bestehend aus (3 Berge und 2 Thäler, im Ganzen also 5 halbe Falten.

Die Länge einer ganzen Falte beträgt somit 2·80 cm, während sich aus der Näherungs Formel ( ) 2·79 folgen würde. Die genauere Berechnung mit der exacten Formel (18) loc. cit. würde dagegen genau 5 halbe Falten ergeben in vollständiger Übereinstimmung mit der Beobachtung

Der „Faltungsdruck“ lässt sich nicht so genau messen, da die ersten Anfänge der Faltung kaum merklich sind. Nach Formel (20) loc. cit. beträgt der gesammte auf die Breite b wirkende Faltungsdruck $p = 2b\sqrt{D\rho g}$, was im obigen Falle 41·6 g ergibt. Doch wurde bei 50 g. Belastung noch keine merkliche Faltung constatiert, bei 60 g. war dieselbe ganz deutlich; es lässt sich allerdings auch

2). Dicke 0·696 mm, Länge 74 mm, Breite 76 mm, Elasticitätsmodul $41{\cdot}3 \cdot 10^{-4}$

Hieraus berechnete Faltenlänge $\lambda = 1{\cdot}15$ cm, berechneter Faltungsdruck $p = 6{\cdot}97$

Beobachtet wurde, bei einer Belastung von 8 g. angefangen, eine Teilung in 7 Falten, woraus die mittlere Faltenlänge 1·06 cm folgt.

p. besprochene Fall, dass

3). Wie loc. cit. p. erwähnt gibt es Fälle wo eine Faltung in dieser Weise nicht hervorgebracht werden kann, nämlich wenn der Faltungsdruck die Druckfestigkeit des Materials übertrifft. So wurde aus stärker verdünnter Gelatinelösung eine Platte von der Dicke 5·42 m Breite 76 mm und einem Elasticitätsmodul $2{\cdot}2 \cdot 10^{-4}$ hergestellt; dieselbe deformirte sich in der üblichen Weise und zerbrach bei Anwendung eines Druckes von 30 g. ohne dass Faltung eingetreten wäre.

Der Faltungsdruck hätte sich nach Formel unbedeutend zu 35 g. berechnet.

Unter den Versuchen mit Materialien anderer Art seien zunächst jene erwähnt welche sich mit Guttaperchapapier und mit Stanniol ausführen lassen.

Ein rechteckiger Streifen von Guttaperchapapier wurde auf Quecksilber gelegt, und mittels Glasstreifen, die an seinen Enden angeheftet wurden, zusammengedrückt. Es entstanden Falten in Abständen von 18·7 mm. Wird der Streifen auf eine Wasserfläche gelegt so entstehen beim Zusammendrücken die Falten in grösseren Abständen; ich erhielt im Mittel $\lambda = 37{\cdot}5$ mm.

Dies erklärt sich daraus dass gemäss Formel die Faltenlänge umgekehrt der vierten Wurzel aus der Dichte der benützten Flüssigkeit umgekehrt proportional ist. Nun beträgt

Somit sollten jene zwei Grössen im Verhältnis von 1 : 1·92 stehen, während das gefundene Verhältnis 2·00 beträgt. Zur Controlle der theoretischen Formel bestimmte ich auch den Biegungs Steifheitsmodul $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$ an einem Streifen von Guttaperchapapier hervorgerufene Biegung. Es ergab sich D = 87·8 (CGS) woraus gemäss ( ) indem ich direkt die durch Auflegen von Gewichten an bestimmte. Faltenlänge für Wasser $\lambda = 3{\cdot}44$ cm folgen würde.

An einem Stanniolstreifen von 10 cm Breite und 19 cm Länge wurde ~~eine~~ bei einem Druck von 8 g der Eintritt der Faltung beobachtet; es entstanden 7 Falten, woraus die Faltenlänge ~~Länge einer einzelnen~~

$\lambda = 2{\cdot}71$ folgt. Nimmt man ~~den~~ den Elasticitätsmodul E als gegeben an (für Zinn $= 4500 \frac{kg}{mm^2}$) so kann man aus Formel umgekehrt die Plattendicke h berechnen $h = \sqrt[3]{\frac{12(1-\mu^2)}{E}\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^4}$

es folgt (ergibt sich) $h = 0{\cdot}94 \cdot 10^{-2}$ mm, während durch Wägen direkt $h = 1{\cdot}37 \cdot 10^{-2}$ mm bestimmt wurde.

Genaue Übereinstimmung ist ja bei derartigen primitiven Versuchen selbstverständlich nicht zu erwarten, einerseits wegen der experimentellen Ungenauigkeiten insbesondere bei der Festsetzung an den Enden, andererseits wegen der Unsicherheit ~~insbesondere~~ da ja der Elasticitätsmodul E keine eigentliche Materialconstante ist sondern von der Art der Bearbeitung (von Dehnungen etc.) abhängt. ~~Immerhin ist~~ Die Übereinstimmung der Größenordnung ist somit ganz befriedigend und ~~bemerkenswert~~ auch ~~der~~ die Größenordnung des berechneten Faltungsdruckes $p = 8{\cdot}4$ entspricht der obigen Messung (Beobachtung).

~~Die Hauptschwierigkeit bei solchen Versuchen liegt in~~

Es lassen sich aber solche Versuche auch (noch) mit viel dünneren Platten anstellen und zwar durch Verwendung von Blattgold. Man legt ~~Am besten~~ ein Goldblättchen mit seinem Papierblatte zusammen auf die Wasserfläche; das Papier sinkt unter, während das Goldblatt schön ausgespannt an der Oberfläche schwimmend bleibt. ~~bleibt und nur durch Glasstreifen zusammengeschoben werden kann.~~

Werden nun mittels zwei Glasstreifen angeschoben und gefaltet, so zeigt das Goldblättchen feine Fältchen ~~eine~~. Im Mittel für deren Länge aus mehreren derartigen Versuchen erhielt ich im Mittel $\lambda = 0{\cdot}164$ cm, ~~daraus würde unter Annahme einer~~

woraus sich unter Zugrundelegung des Wertes $E = 8500$ ($\frac{kg}{mm^2}$) die Dicke des Goldblättchens zu $h = 1{\cdot}8 \cdot 10^{-4}$ mm ~~ergibt~~ berechnen lässt, während durch direkte Wägung $h = 0{\cdot}89 \cdot 10^{-4}$ mm bestimmt wurde. ~~Durch Wägung erhält~~

~~Gold lässt sich nicht auf Quecksilber legen, aber~~ ~~Ich versuchte~~ Um ~~den~~ den Einfluss ~~der Dichte~~ der Flüssigkeitsdichte zu illustrieren, kann man das Goldblättchen, indem man das Öl vorsichtig daraufträufelt, ~~...~~ und die umgebende Wasserfläche mit einer Schichte Öl bedeckt ist.

Dann ist offenbar bei einer Verschiebung der Elemente der Platte vertical nur die Differenz der Dichten der Flüssigkeiten wirksam und es muss eine dementsprechend ~~größere Faltenlänge resultieren~~ ~~anstatt des~~ der hydrostatische Druck welcher das Element in die normale Lage zurückzubringen sucht $(\rho_1 - \rho_2) y$, also ist eine größere Faltenlänge resultieren, ebenso als ob das Blättchen auf einer Flüssigkeit von der Dichte $\rho_1 - \rho_2$ schwimmen würde. Tatsächlich beobachtete ich an dem mit (eingedicktem) Vaselinöl ($\rho = 0{\cdot}863$) bedeckten Goldblättchen eine Faltenlänge von im Mittel $0{\cdot}270$ cm, bei Bedeckung mit Leinöl ($\rho = 0{\cdot}933$) Faltenlänge von $0{\cdot}329$ cm.

Der Rechnung (Theorie) zufolge hätten (unter Zugrundelegung von $\lambda = 0{\cdot}164$ für Wasser-Luft) diese Größen $0{\cdot}270$ und $0{\cdot}322$ cm betragen sollen, die Übereinstimmung ist also vorzüglich, im ersten Fall wohl durch Zufall so genau.

Die Größenordnung stimmt wieder überein, die Differenz der Zahlenwerte ~~Die Differenz~~ erklärt sich wohl leicht daraus dass die inhomogene Struktur d. Blättchens, Änderung d. Elast. mod. infolge d. Walzens resp. Schlagens, sowie dadurch dass diese Blättchen nicht ganz eben sind sondern unter dem Mikroskop gesehen eine Unmenge Erhöhungen und Vertiefungen aufweisen, welche schon an der diffusen Oberflächenreflexion kenntlich sind und offenbar die Steifheit vergrößern müssen.

~~[illegible]~~ Die Differenz $p_1 - p_2$ (~~noch mehr~~ lässt sich leicht) zu verkleinern z. B. etwa durch Übereinanderschichten von Alkohollösung auf Vaselinöl ~~Mit Silberfolie konnte ich keine brauchbaren Resultate erzielen~~

oder von Wasser auf Anilin, aber ~~diese~~ derartige Versuche gelangen mir nicht, ~~da~~ im ersteren Fall) da das Goldblättchen vom Öl ~~beiderseitig~~ rasch benetzt wird und untersinkt, im zweiten Fall da die Oberflächenspannung des Anilins nicht genügt um das Blättchen beim Auftropfen des Wassers gespannt zu erhalten.

Mit ~~anderen~~ Silberfolie konnte ich keine brauchbaren Resultate erzielen, ~~da~~ indem beim Zusammenschieben offenbar infolge Ungleichmäßigkeiten der Dicke nur unregelmäßige Runzeln entstanden.

~~Eine~~ Eine Methode (erwähnt mittels welcher man (noch (dünnere (Blättchen ~~zu~~ erhalten kann. Wird auf eine reine Quecksilberfläche ein Schleimlack sei ~~[illegible]~~ bedeutend) schwimmende) alkoholischer) Tropfen (Schellacklösung gegeben, so breitet sich derselbe sofort über eine große Oberfläche aus und hinterlässt ~~[illegible]~~ nach dem Austrocknen eine dünne Schellackschichte, deren von Innen nach Außen abnehmende Dicke nach ~~mittels der~~ den hiebei auftretenden ~~dem [illegible] Aussehen der~~ Newtonschen Farbenringen beurteilt werden kann.

~~Meist entstehen schon während des [illegible] die~~ Da zuerst die Ränder trocknen, dann ~~das Innere~~ der dickere centrale Theil des Tropfen ~~trocknet~~ (stellenweise schon während des Eintrocknens entstehen ~~meist~~ Druck Spannungen welche zur ~~[illegible] Faltungen~~ Entstehung schöner Faltensysteme Anlass geben. ~~[illegible]~~ Gebraucht man Collodiumlösungen so bilden diese ~~Falten~~ ~~entstehen~~ prächtige sternartige Figuren da Collodium beim Trocknen sich sehr stark contrahiert, ~~so dass grössere während der Schellack~~ und größere ebene Flächen ~~sind~~ sind da überhaupt kaum zu erhalten.

→ Analoge Erscheinungen sind auch ~~aus~~ die Praxis des täglichen Lebens bekannt, z. B. die Runzeln der auf warmer Milch entstehenden Haut; unsere Gleichungen geben die mathematische Theorie derselben.

~~Ich erzeugte In Teilchen [illegible] Schellackschichte~~ Die Faltungen welche sich in annähernd gleichmäßig ~~homogen~~ Um eine Vergleichung durchzuführen ... Stücken ~~[illegible]~~ solcher Schellackschichten (durch nachträgliches Zusammenpressen nach dem Trocknen erzeugte, haben wir ~~[illegible]~~ unter dem Mikroskop gemessen folgende Werte geliefert.

Die Farben~~[illegible]~~ sind den an einer zwischen zwei Glasplatten eingeschlossenen Luftschichte ähnlich, nur sind sie infolge der fast totalen Reflexion an der Quecksilberfläche mit Weiss gemischt ~~aber~~ und daher weniger ~~lebhaft~~ deutlich ausgeprägt. Der äußere Rand, wo die Dicke unmerklich wird, ist daher nicht ganz schwarz sondern grau und geht ~~fast~~ meist unmerklich in die Färbung der ~~ausgeb[illegible]~~ ~~reinen~~ freien Quecksilberfläche über.

Die Faltenlänge beträgt (Im Grünen des dritten Ringes $\lambda = 0{\cdot}75$ mm Im Orange des ersten Ringes $\lambda = 0{\cdot}42$ mm, Übergang von Orange in Weiss im ersten Ring $\lambda = 0{\cdot}20$ mm. ~~Benutzt man nun die ~~[illegible]~~ von Krafft [illegible]~~ [Tabellen der Farbenringe angegeben] ~~mit~~

~~Dieser Dicke~~ indem man die ~~dort~~ angegebenen Dicken mit Rücksicht auf den Brechungsindex des Schellacks durch 1·55 dividiert, so erhält man folgende ~~Schichtdicken~~ Werte für jene drei Stellen: $h = 0{\cdot}43\,\mu$, $0{\cdot}15\,\mu$, $0{\cdot}071\,\mu$

~~Zum Vergleiche~~ Ausserdem bestimmte ich noch (die Dicke eines dickeren, ~~[illegible]~~ ungefältelten Stückes, welches $\lambda = 2$ mm aufwies, direkt unter dem Mikroskop zu $\frac{1}{600}$ mm.

Um diese Werte mit der Formel ( ) vergleichen zu können, bedarf ~~[illegible]~~ man der Kenntnis des Elasticitätsmodul von Schellack *). Diesen erhält man aus der Schallgeschwindigkeit welche ich einstmals *) ~~[illegible]~~ zu 977 $\frac{m}{sec}$ (17°) bestimmt hatte: $E = 908{\cdot}4\ (\frac{kg}{mm^2})$. Daraus würde die Formel für die ~~[illegible]~~ Faltenlänge 2 mm eine Schichtdicke von ~~[illegible]~~ 2·4 μ ergeben. Sieht man dagegen den gemessenen Wert $\frac{1}{600}$ mm $= 1{\cdot}67\,\mu$ als gegeben an, so kann man ~~statt~~ die Dicken der ~~andern~~ Stellen nach der ~~Formel~~ Relation $h = h_0 \left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^{4/3}$ ~~bestimmen~~ berechnen, was ~~die~~ folgende Werte ergibt: $h = 0{\cdot}45\,\mu$ $0{\cdot}21\,\mu$ $0{\cdot}077\,\mu$

*) Ermüdungen eigener Schellack-Versuche

Die Übereinstimmung ist (ganz überraschend) (jedenfalls) besser als den (bei dieser ziemlich roher Versuche möglich ~~noch zu erwartenden~~) Fehlerquellen gemäss zu erwarten ~~ist~~ wäre.

~~Ich möchte~~ Man kann somit diese Faltungen ~~bis zur~~ direkt als Mittel zur Dickenmessung von Schichten, bis zu Dicken von der Grössenordnung (herunter wenigstens) 77 $\mu\mu$. ~~Bis zu welcher unteren Grenze aber jene Formel giltig bleibt ist allerdings~~ Das lässt sich derzeit noch nicht entscheiden ~~nicht bekannt~~, ~~denn offenbar konnte~~

Offenbar muss es eine untere Grenze für die Giltigkeit der Formel ( ) geben, da eine Schichte von einzelnen Molekülen wohl kaum eine (Erscheinungen aufweisen könnte welche) Biegungselastizität entsprechen, doch wo jene untere Grenze liegt

Bemerken möchte ich diesbezüglich, dass die kleinsten Faltenlängen die ich an Schellackschichten beobachtet habe, und zwar ausserhalb der dunklen Zone, an Stellen die sich optisch ~~von~~ der ~~reinen~~ Quecksilberfläche kaum ~~nicht~~ unterschieden, ungefähr $\lambda = 0{\cdot}01$ mm betragen.

Wäre die Formel ( ) noch in jenem Gebiete giltig, so würde daraus als Grenzdicke einer biegungselastisch aufweisenden festen Schichte $h = 1{\cdot}4\ \mu\mu$ folgen, (doch ~~sind~~ hebe ich nochmals hervor, dass ~~wir~~ ~~eindeutig~~ dieser Schluss ~~derzeit~~ unberechtigt wäre) (was eine Schätzung des Wirkungsradius der Molekularkräfte ermöglichen würde)

~~Die~~ Diesbezügliche Untersuchungen gedenke ich übrigens noch weitere ~~gedenke ich noch~~ anzustellen.

Zum Schlusse ~~noch~~ sei noch ein Einwand erwähnt, den man gegen die Anwendung der Theorie auf die Fälle einer sehr kleinen Faltenlänge erheben könnte. Es werden hiebei nämlich Capillarkräfte (Spannungen) ins Spiel kommen, welche in der ursprünglichen Theorie nicht berücksichtigt wurden ~~in Frage kamen~~.

~~Dazu~~ Berechnen wir das resultierende Drehungsmoment welche diese ~~Kräfte~~ Kräfte auf das Stück der Platte von $\xi=0$ bis $\xi=x$ reichende ausüben. ~~Die Ca Nennt~~ Wird der Capillaritätscoefficient für die Grenzfläche der Flüssigkeit und Platte mit α bezeichnet, so ist ~~die~~ der Capillaritätsdruck $\frac{\alpha}{R}$ was angenähert $\alpha \frac{d^2y}{dx^2}$ gesetzt werden kann und das resultierende Moment wird

$$-\int_0^x \alpha \frac{d^2y}{d\xi^2} (x-\xi)\, d\xi$$

Dies ist der Ausdruck, welcher noch auf der linken Seite der Gleichung (2) loc. cit. zuzusetzen wäre.

Nun sieht man aber, dass ~~hieraus bei~~ dies durch zweimaliges Differenzieren in $-\alpha \frac{d^2y}{dx^2}$ übergeht, was sich mit dem Gliede $P \frac{d^2y}{dx^2}$ in Gleichung (3) loc. cit. verbindet. Somit ~~haben die Ca~~ hat die Capillarspannung keinen Einfluss auf die Faltenlänge nur auf ~~die~~ den „~~Faltungsdruck~~“ (Wert des zur Faltung erforderlichen Horizontaldruckes P), welcher um den Betrag α zu vermehren ist.

~~Zusammenfassend können wir somit~~ sagen, dass

Das ~~Resultat~~ der ~~vorigen~~ Arbeit lässt sich also dahin zusammenfassen, ~~dass~~ die

4

λ	δ		
2 mm	0·00167 mm		
1·6	0·000507		
0·75	0·000668	000452	649
0·42	0·000218	208	299
0·30	0·000160	133	191
0·23	120		
0·20	110	077	111
0·01		0014	002

$h = \sqrt[3]{\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^4 \frac{122·4}{10^7}}$

$\left(\frac{0·2}{2\pi}\right)^4 \frac{122·4}{10^7} = \left(\frac{1}{\pi}\right)^4 \frac{1·22}{10^9}$

4971
19884

0·864 − 9
− 1·9884
0·0980 − 12

0·3660 − 4

0·000232 cm
= 0·00232 mm

$h = h_0 \left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^{4/3}$

3010
8751
~~0·4259~~ − 4
0·5741 − 1
1·2964 − 3

1·7036
0·5679
0·4321 − 1
+ 2227
6548

0·3222 − 1
0·2888 − 3
0·0963 − 1
2227
0·3190 − 1

1761 − 1
2·7044 − 6
~~0·2348~~
0·9015 − 2
2227
0·1242 − 1

$-\frac{4}{3}$
− 1·3333
0·6667 − 2
2227
0·8894 − 2

1·0 − 2
− 0·3010
0·6990 − 3

0·2330 · −1·4
0·9320 − 4
2227
0·1547 − 3

143

~~8248 3579 6414~~
~~7404 7404 7404~~
~~0844 6175 3010~~
~~121 4145~~

668
155

8248 3579 0414
1903 1903 1903
6345 1676 ~~3189~~ 8511
431 147 710

Schallrate c_{17}

0·1455.17
1019
2·474 119

289
482

1022·4
~~...~~
~~...~~
~~1047·1~~
~~− 48·2~~

1024·9
− 48·2
c = 976·70.

ρ = 107 (2)

$\sqrt{\frac{E}{\rho}} =$

$E = \rho\, c^2 =$ 4·9897
9·9794
− 0·0294
9·9500
−981 − 2·9917
6·9583

0·9084.10⁷

0·0980 − 14
− 6·9583
1·1397 − 12

0·3799 − 4

0·00240 mm

0·3799 − 4
0·4321 − 1
0·8120 − 5
0·000649

0·3799 − 4	0·3799 − 4	0·3799 − 4
0·963 − 1	9015 − 2	0·6667 − 2
0·4762 − 5	0·2814 − 5	0·0466 − 5
299	191	111

0·799 − 4
9320 − 4
3179 − 7
205

Autor w dawniejszej rozprawie rozwinął matematyczną teoryę fałdowania się płyt pływających na powierzchni jakiejś cieczy, i zastosował ją do objaśnienia zjawisk fałdowania się skorupy ziemskiej.

Obecnie autor opisuje szereg doświadczeń wykonanych celem ilustracyi i sprawdzenia wniosków tam wyprowadzonych. Użyto w nich ~~warstw~~ płyt z galarety żelatynowej pływających na rtęci, papieru ~~[illegible]~~ t. zw. gutaperchowego na wodzie lub rtęci, ~~[illegible]~~ [illegible] na wodzie (listków złotych na wodzie, cienkich warstw szellaku na rtęci. Obserwowano ~~tak~~ tym sposobem powstawanie (fałd o długościach od 37 mm aż do 0·01 mm i (na nich można było sprawdzić ~~sprawdzono~~ wzory otrzymane dla (związku długości fal z ~~[illegible]~~ t. zw. ciśnieniem fałdowania oraz dla sprężystością płyty ~~[illegible]~~ i z gęstością cieczy

w obrębie grubości płyt od 5 mm do 7.10^{-5} mm. ~~[illegible]~~ ;-

tak że zasięg ważności wzoru [illegible] o [illegible]

6/11 1905

Collodium

$h = 0{\cdot}2$ mm direkt gemessen

Gewogen: $0{\cdot}204$ g. : $55\ cm^2$ =

spez. Gewicht?

$\lambda = \frac{7{\cdot}5\ cm}{12} = 6{\cdot}25$ mm

Już się zatarła 2 dni na powietrzu wolna powierzchnia rtęci przyjmując [illegible] blad diffuse Reflexion, podczas gdy część pokryta skórką choćby najcieńszą pozostaje jak zwierciadło!

Fałdowanie się warstw na ziemi: analog. książka (Blattflächen) gdy sklejone kartki z tektura; o tyle większa sztywność.

Podobieństwo dynamiczne niezgodności z żelatyną! Wytrzymałość będzie za duża, może inny materiał odpowiedniejszy?

Staniol na wodzie; woda/oliwa

cienka warstwa Schellacku, Paraffiny stopionej (cegl.), Collod.

Glina? Odpowiednie materiały: smoła?

geol.

Staniol 0.72 g: 833.74

$0.8573-1$	9206
-2.7898	8692
$0.0675-3$	2.7898

$= \frac{1.17}{100}$ mm

$E = 450.10^6$

8.6532

$0.2025-9$

$0.8557-1$

-2.0878

$1.7679-4$

$0.4420-1$

0.7981

0.2401

1.74 cm znaleziono 3 cm

$\frac{13.6.9}{122.4}$

Koncentr. żelatyny

Stale pomarszcz.

Collod nie może długo potem wyschnąć; gorzko.

[illegible]

staniol na żelatynie

wyżej o [illegible]

$h = \sqrt[3]{\frac{g}{E}\left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^4}$

$2.5332-4$, 1.0792, $9.6124-10$, -8.6532, $2.9592-12$, $0.9864-4$

$0.97.10^{-2}$ mm

0.4314, -0.7981, $0.6333-1$, $2.5332-4$, 0.9542, $9.4874-10$, -8.6532, $2.8342-12$, $0.9447-4$

$h = 0.88.10^{-2}$ mm glina

$9.4884-10$, -8.2304, $0.2570-9$, $0.0857-3$

$h = 122.10^{-2}$ mm glina

$\lambda = 2\pi\sqrt[4]{\frac{Eh^3}{g}}$

$P = \frac{2\pi}{3}\sqrt{\frac{Eh^2}{\lambda}}$

0.0325, 1.3010, 1.3335, -4.771, 0.8564

$\lambda = 7.19$ g

0.0651, -1.0792, $0.9859-2$, $0.4930-1$, 20.0, 0.7940, 622

Żelatyna 0.879, 0.559, 5.41

$8.6.2.4$, $0.1373-3$, $\delta = \frac{1.37}{100}$ mm

$0.4119-9$, 8.6532, 0.0651, -2.0878, $1.9773-4$, $0.4944-1$, 0.7981, 0.2925

$\lambda = 1.96$ znal. 2.7

0.0651, -0.9542, $9.1109-4$, $0.7702-1$, 0.7981, 0.5683

$\lambda = 3.70$ zn. 2.70

126 g : $125 = \frac{1}{100}$

$11.3.11.1$, $12.5.4$

Staniol 2.7 $P = 8$

$\frac{19 \text{ cm}}{7} = 2.7$

1). Jak daleko może wychylenie wzrosnąć? Jaka jest górna granica stateczności?

2). Obliczyć wpływ [illegible]

3). Obliczyć marszczenie się sztywniejszej warstwy zamkniętej między miększymi.

Ad: 2).

~~Wartość~~ Napięcia powierzchniowe powodują dodatkowe ciśnienie ~~siłę~~ W normalne; prop. do krzywizny

zatem zamiast $\rho g y$ powinno być: $\rho g y - \alpha \frac{d^2y}{dx^2}$

$$D \frac{d^2y}{dx^2} + \rho g \int_0^x y_\xi (x-\xi)\, d\xi - \alpha \int_0^x \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)_\xi (x-\xi)\, d\xi - Fx + Py = 0$$

$$D \frac{d^3y}{dx^3} + \int_0^x \left[\rho g y_\xi - \alpha \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)_\xi\right] d\xi - [illegible] - F + P \frac{dy}{dx} = 0$$

$$D \frac{d^4y}{dx^4} + \rho g y - \alpha \frac{d^2y}{dx^2} [illegible] + P \frac{d^2y}{dx^2} = 0$$

więc cała różnica że obecnie zamiast P przychodzi $P-\alpha$, to znaczy że długość fali niezmienna tylko co do warunków powstawania: występuje już przy ciśnieniu P o α mniejszem niż normalnie to przez się zrozumiałe! z powodu napięcia pow. [naturalnie z drugiej strony będzie zwyczajne napięcie pow. czystej ~~[illegible]~~ α, więc ów wpływ okaże się tylko w razie jeśli $\alpha_{12} > \alpha_0$

6

Kautschuk $E = 0{\cdot}01 \cdot 10^6 g = 10^4 g$ ~~λ~~

$\delta = 0{\cdot}1$

$\lambda = 2\pi \sqrt[4]{\frac{10^4 \cdot 10^{-3}}{122{\cdot}4}} = 2\pi \sqrt[4]{\frac{1}{12{\cdot}2}}$

0·7981
− 0·2716
0·5265
0·5834
1·1099

na Hg: $\lambda = 3{\cdot}36$ cm

na H2O: $\lambda = 12{\cdot}9$ cm

Železo $\delta = 0{\cdot}01 = \frac{1}{10}$ mm $\quad 2\pi \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{122{\cdot}4}}$

$E = 2 \cdot 10^9 g$

3·3010
− 2·0878
1·2132
0·3033
0·7981
1·1014

na Hg: $\lambda = 12{\cdot}6$ cm

Pt $\delta = 0{\cdot}001$

$E = 1{\cdot}7 \cdot 10^9$

0·2304
− 2·0878
2·1426 −2
0·5356 −1
0·7981
0·3337

$\lambda = 2{\cdot}16$ cm

Au $\lambda =$ cca $0{\cdot}17$ cm $= 2\pi \sqrt[4]{\frac{E h^3}{9 \cdot 4}}$

$E = 8 \cdot 10^8 \quad \rho = 1 \quad h = \sqrt[3]{\frac{9 \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^4}{8 \cdot 10^8}}$

0·2304 −1
− 0·7981
0·4323 −2
0·7292 −7
0·9542
0·6834 −6
− 8·9031
0·7803 −15
0·2601 −5

$h = 1{\cdot}82 \cdot 10^{-5} = 0{\cdot}00018$ mm ?

$20 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 20 = 8 \cdot 10^{-3} = 8$ mg

auf Glas!

$\lambda = \frac{48}{27}$ mm $= \frac{16}{9} = 1{\cdot}778$ [53 mm]²

3·4 l 0·06 8·6 r 0·05

9·55 l 0·07 2·35 r 0·06

1·9
4·8
6·7 3·35 l 0·06

7·3
10
17·3 8·65 r 0·05

3·37
8·62
11·99

$0{\cdot}05 + \frac{8{\cdot}62}{11{\cdot}99} 0{\cdot}01$

8·62 : 12 =
2·155
0·718

0·0572

2·35
9·55
11·90

$0{\cdot}06 + \frac{2{\cdot}35}{11{\cdot}9} \cdot 0{\cdot}01$

2·35 : 11·9 = 198
11 6
9

0·06198

$\frac{0{\cdot}0048}{(5{\cdot}3)^2 \cdot 19{\cdot}32}$

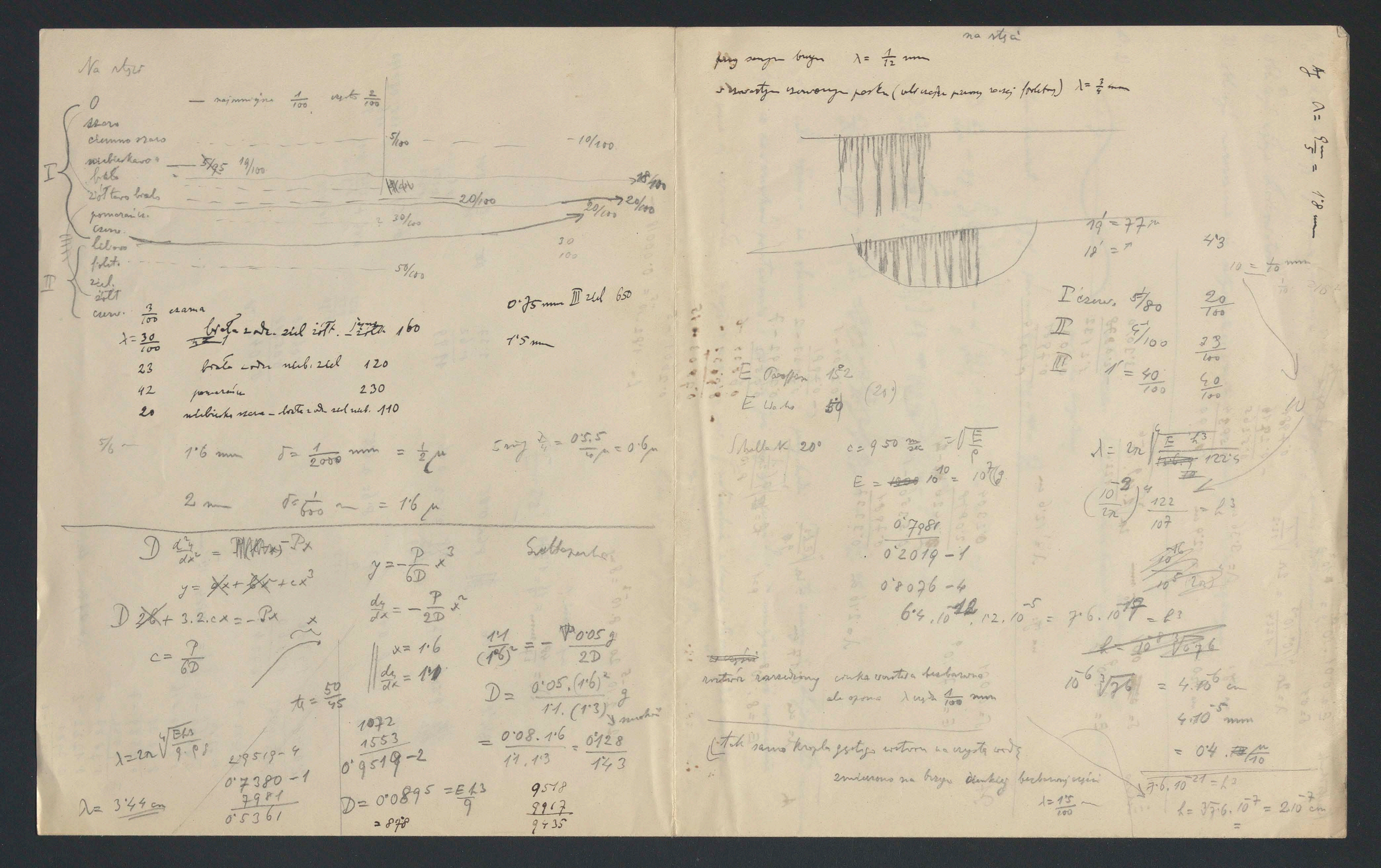
1·4486
1·2860
2·7346

0·06198
0·05718
0·0048 mg

0·6812 −3
2·7346
0·9466 −6
0·8398 −16
8·9031
0·7429 −7
− 9·542
0·7887 −8
0·1722 −2
0·7981
0·9703 −2

$h = 0{\cdot}884 \cdot 10^{-4}$ mm

$\lambda = 0{\cdot}934$ m ber.



Na stycz

0 — najmniejsze $\frac{1}{100}$, często $\frac{2}{100}$

I: szaro, ciemno szaro, niebieskawo-biała, żółtawo biała, pomarańcz., czerw.

II: liliowo, fiolet., ziel., żółt, czerw.

5/100 — 10/100

5/95 — 19/100

18/100

20/100

20/100 → 20/100

30/100

30/100

50/100

czerw. $\frac{3}{100}$ czarna

$\lambda = \frac{30}{100}$ biała z odc. ziel. żółt. – żółt. 160

23 biała z odc. nieb. ziel 120

42 pomarańcz 230

20 niebiesko szara – biała z odc. ziel. nieb. 110

0·75 mm III ziel 650

1·5 mm

5/6 —

1·6 mm $\delta = \frac{1}{2000}$ mm $= \frac{1}{2}\mu$

$\frac{\lambda}{4} = 0·5.5$ $= 0·6\mu$

2 mm $\delta = \frac{1}{600}$ mm $= 1·6\mu$

$D\frac{d^2y}{dx^2} = -Px$ Sattoporka

$y = -\frac{P}{6D}x^3$

$y = cx^3$

$\frac{dy}{dx} = -\frac{P}{2D}x^2$

$D\,3.2.cx = -Px$

$c = \frac{P}{6D}$

$x = 1·6$

$\frac{dy}{dx} = 1·1$

$\frac{1·1}{(1·6)^2} = -\frac{0·05\,g}{2D}$

$t = \frac{50}{45}$

$D = \frac{0·05.(1·6)^2}{1·1.(1·3)}g$

$\lambda = 2\pi\sqrt[4]{\frac{E h^3}{9.98}}$

1072
1553
0·9519 –2

$= \frac{0·08.1·6}{1·1.1·3} = \frac{0·128}{1·43}$

2·9519 – 4
0·7380 – 1
7981
0·5361

$D = 0·0895 = \frac{Eh^3}{9}$

= 8·78

9518
9917
9435

$\lambda = 3·44$ cm

na stycz

przy mnejszej bryle $\lambda = \frac{1}{12}$ mm

z rozwartym rzewnym porką (od ucha prawy rzecz folstory) $\lambda = \frac{3}{4}$ mm

$\lambda = \frac{9\,mm}{5} = 1·8$ mm

19′ = 77 μ

18′ = ?

4·3

$10 = \frac{4}{10}$ mm

I czerw. 5/80 — $\frac{20}{100}$

II 5/100 — $\frac{23}{100}$

III $1' = \frac{40}{100}$ — $\frac{60}{100}$

E Paraffin 15·2

E Wachs 50 (20°)

Stalle K 20° $c = 950\ \frac{m}{sec} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

$E = 10^{10} = 10^7 g$

$\lambda = 2\pi\sqrt[4]{\frac{E\,h^3}{122·5}}$

$\left(\frac{10^{-2}}{2\pi}\right)^4 \frac{122}{10^7} = h^3$

0·7981
0·2019 –1
0·8076 –4

$6·4.10^{-12}.12.10^{-5} = 7·6.10^{-17} = h^3$

$10^{-6}\sqrt[3]{7·6} = 4.10^{-6}$ cm

4.10^{-5} mm

$= 0·4\ \frac{\mu}{10}$

wstrząs rozcieńczony cienka warstwa bezbarwna ale ogromna λ rzędu $\frac{1}{100}$ mm

Tak samo kropla gęstego wosku na czystą wodę

zmierzono na brzegu cienkiej bezbarwnej części

$\lambda = \frac{1·5}{100}$ mm

$7·6.10^{-21} = h^3$

$h = \sqrt[3]{7·6}.10^{-7} = 2.10^{-7}$ cm

$E = 8~~50~~0 \cdot 10^5$

$\mu = \frac{1}{3}$ $1-\mu^2 = \frac{8}{9}$

$2\pi \sqrt[4]{\frac{E\,h^3}{12(1-\mu^2)}} = \lambda$

$h = \left[\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^4 \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{E}\right]^{1/3}$

$= \left[\frac{32}{3}\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^4 \frac{1}{E}\right]^{1/3}$

$\frac{12 \cdot 8}{9}$

$\lambda = 0{\cdot}164$

2148 −1
7981
4167 −2
6668 −7
1·5051
1719 −5
−9·4065
7654 −15
0·2551 −5

18 . 10⁻⁴ mm

4771
8·9294
9·4065

933
0·067) 0·8261 −2
= 1·1739 : 4
0·2935
2148
5083

322

4330
7981
0·6349 −1
0·5396 −2
1·5051
0·0447
− 4771
2·5676 −3
~~0·8559 −1~~

9·5676 −10
− 8·6532
2·9144 −12
0·9715 −4
0·94 −3

8·6532

Schellack $E = 10^7 g$

$\lambda = 2\,mm$

$h = ?$

$h = 2{\cdot}33 \,.\, 10^{-4}\,cm$

$= 2{\cdot}3 \,.\, \mu$

a 2milimetrová $.1{\cdot}6\,\mu$!

$h = \sqrt[3]{\frac{122}{10^7}\left(\frac{0{\cdot}2}{2\pi}\right)^4} = \sqrt[3]{\frac{122}{10^7}\cdot\frac{1}{(10\pi)^4}}$

0'49715
0'50285 −1
0'0114−2−11
2'0878
0'0992−12
0'3664 −4

2'0878
−0'0114
2'0764

---

bronz $E = 10^7$

$\lambda = 10^{-3}$

$h = \sqrt[3]{\frac{122}{10^7}\left(\frac{10^{-3}}{2\pi}\right)^4}$

2'0878 − 19
3'1924
0'8954 − 21
0'2985 − 7

0'2981

$h = 1{\cdot}99 \,.\, 10^{-7}\,cm = 2.10^{-3}\,\mu$

bronze $\lambda = \frac{20}{100}\,mm = 2.10^{-2}$

0'0992 − 15
0'0331 − 5

$h = 1{\cdot}08 .\, 10^{-5}\,cm$

$= 1{\cdot}08 \,.\, 10^{-1}\,\mu$

$= 0{\cdot}108 .\, \mu$

a vrstvy Wilk-Krafft vypadá $130.10^{-6}\,mm$

$= 0{\cdot}13\,\mu$!

2'52
9'9μ
25/11

23'77
23'76

63'705
23'767
62'773

39'938
39'006

8451
11'548
0'2887 ~ 194
21 59 ~ 1644
0'5046

$\lambda = 3{\cdot}20$

Au

Leinöl

$\frac{43}{13} = $ 6335
1461
9'874
3'07

$\frac{17}{5} = 3{\cdot}40$

$\frac{38}{13} =$ 5798
1139
4659

2'92

$\frac{44}{11} = 4{\cdot}0$

(pikan na nejmenší 2'93
2'82)

3'40
2'92
4'00
3'07
3'07
16'46 :5 = 3'29

průměr →